

世界を  
救う

# 昆虫食



トノサマバッタ (撮影: 栗林 慧)

昆虫食市場に欧米のベンチャー企業が相次ぎ参入している。生産性やコスト、栄養で食肉より利点が多い半面、偏見による普及の壁も高い。

21世紀のタンパク源として昆虫が脚光を浴びている。従来の郷土食、伝統食としての昆虫料理の枠を超えて、昆虫を材料にした加工食品を開発するベンチャー企業が欧米を中心に増加し、「昆虫食市場」が広がり始めた。米調査会社は、昆虫食市場が2023年までに5億2200万ドル（約573億円）を超えると予測するなど成長分野として期待

## 食肉に優る生産性とコスト ベンチャー参入も課題は偏見

みずの  
**水野 壮**  
(NPO 邦人食用昆虫科学研究所副代表)

はなや  
**花谷 美枝**  
(編集部)

される。

ベンチャーや参入する昆虫食、ビジネスは、粉末にした昆虫を材料に含む栄養補助食品や菓子類、パスタなど加工食品が主流だ。飼料への配合の研究も進む。コオロギ、バッタなどの研究も進む。コオロギ、バッタな

どのほか、ミールワーム（ゴミムシ、ダマシの幼虫）、ハエ、カイコなど多様な種がすでに食材として利用されなど、裾野は広がっている。

## ウナギの寿命延ばすカイコ

日本のベンチャーも動き出した。ウナギなどの陸上養殖の装置や餌を手がけるジャパンマリンポニックス（岡山市）は、カ

イコを養殖魚の餌の原料にする

研究を進める。17年からウナギの餌として実験を始め、早ければ18年にも実用化する見通しだ。

生後20日前後の蛹になる前のカイコを冷凍し、粉末にして養殖魚の餌に配合する。養殖技術が確立され、また日本人にとつて親しみやすいことからカイコに目をつけた。自社でカイコを飼育し、年間30万～100万匹を養殖する。餌の桑の葉の栽培も始めた。

養殖魚の餌の主原料は魚粉。世界的な海産物の消費拡大により、価格の上昇が続く。国際的な指標とされるペルー産魚粉の価格は10年前の倍に上がりした。今後も魚粉価格の上昇傾向は続くと見られている。ジ

ヤパンマリンポニックスによると、カイコを大量生産できれば、現在の魚粉と同程度のコストにとどめることができ、将来的な魚粉の値上がりへの備えになるという。

機能性成分の面でも、カイコは魚粉に優位性がある。餌に使われる魚粉の1～10%をカイコで代替したところ、魚の免疫力が高まり、ウナギの稚魚の生存率が従来の10%超上昇したという。魚粉の代替として穀物を使用する研究もあるが、「糸を吐く前のカイコはタンパク質が豊富で、栄養の吸収効率、成長効率でも優れている」と同社の藤原大樹取締役研究開発部長は話す。タンパク質が多い餌で育てると味の濃いウナギになることから、「味の面でも期待できる」（藤原取締役）という。

何より、家畜に求められるコストパフォーマンス、繁殖力、飼育・管理のしやすさで、昆虫は家畜に優る。昆虫は飼育にかかる餌の量が牛や豚よりも少なく、コストが低い。家畜1kgを増量するのに必要な飼料の量（飼料変換効率）は牛が10kg、豚が5kg。一方、ミールワームは3.8kg、コオロギは2.3kgで足りる。

## 豊富なタンパク質

昆虫食の研究が本格化したきっかけは、国連食糧農業機関（FAO）が13年に発表したリポートだ。栄養価が高く、養殖の効率が良いなどの理由から、食料

問題の対策の一つになり得ると提唱した。

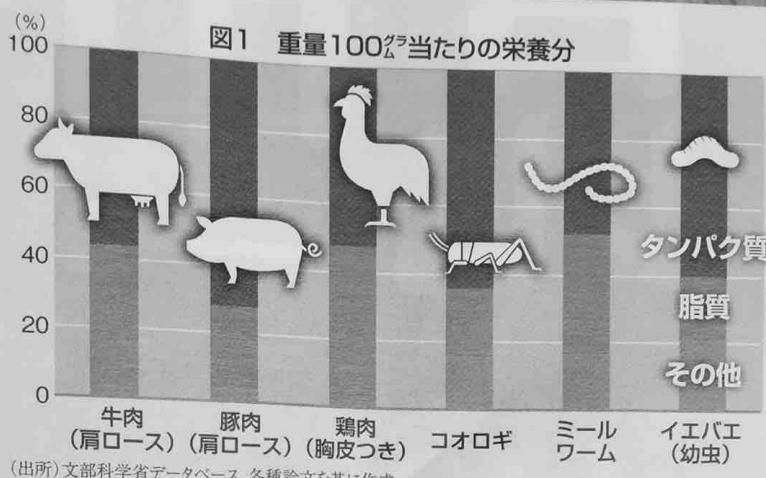
世界の人口は増加を続けており、国連の予測では50年には97億人に達する。同時に、経済成長の進展により、新興国では穀物を中心の生活から肉や魚を好む欧米型食生活への移行が進むと予想されている。今後、肉や魚といったタンパク質の確保が世界的な課題になる可能性が高い。そこで、効率的にタンパク質を得られる食料として昆虫が注目された。

栄養価で比較すると、昆虫は牛肉に劣らないタンパク質を有する（水分を含む）100g当たりのタンパク質含有量は、昆蟲66種のうち80%以上の種が10g以上ある。同40%以上の種は20g以上になるという。これは、牛の生肉（赤身）のタンパク質含有量が16.5gから22.5gであるのほぼ匹敵する。種によつては、ビタミンやミネラルも牛肉より豊富だ。

何より、家畜に求められるコスト

パフォーマンス、繁殖力、飼育・管理のしやすさで、昆虫は家畜に優る。

昆虫は飼育にかかる餌の量が牛や豚よりも少なく、コストが低い。家畜1kgを増量するのに必要な飼料の量（飼料変換効率）は牛が10kg、豚が5kg。一方、ミールワームは3.8kg、コオロギは2.3kgで足りる。



(出所)文部科学省データベース、各種論文を基に作成





(図2)。アメリカミズアブはわずか1・4キロで、家畜の飼料として大規模な養殖が進められている。

可食部の割合を考慮すれば、昆蟲の飼料変換効率はさらに高くなる。コオロギは1匹丸ごと調理するため可食部は100%、後ろ脚を取り除いても80%だが、牛や豚は40~50%にとどまる。従来の家畜は革製品への利用など食肉以外の用途がある半面、食用として昆蟲と比べると、骨や皮膚、血液などの廃棄部分と恒温動物としての体温維持コストがロスになつてている。

当然ながら繁殖力も高い。出生から出荷までにかかる日数は、牛が約30カ月、豚が6カ月なのに對し、多くの昆蟲は発生から1~2カ月で成体になる(図2)。カイコはオスとメ

図2 体重1kgの増加に必要な飼料と出荷までの期間



(注)コオロギは幼虫が成虫になるまでの目安 (出所) Oonincxら(2015), Hama(2015)

図3 体重1kgの増加に必要な生産面積



(出所) OonincxとBoer(2012)より作成

には、大きな壁がある。最大の問題は虫に対する偏見だ。直接食するのはもちろん、飼料などに配合した間接的な摂取であれ、昆蟲を食べて育った家畜にはのは確かだ。特に昆蟲食の習慣がほとんどない欧米では(図4)、昆蟲を食料として人々が認識するには高いハードルがある。

飼育・管理の技術も発展途上の段階にある。コオロギの養殖では鶏の餌を与えているものが

ス1組から繁殖をスタートした場合、成育途中に死亡することを考慮しなければ、1年後に $1 \cdot 2 \times 10$ の17乗匹(12京匹)に増える。イエバ工にいたっては同 $1 \cdot 8 \times 10$ の60乗匹(1・8那由他匹)。1那由他は1無量大数の1億分の1)まで増える。

また、体重1kg増加当たりの生産に必要な面積も小さく、飼育・管理しやすい。牛肉は144~258平方メートル、豚肉は47~64平方メートルが必要なのに対し、ミールワームは18平方メートルですむ(図3)。昆蟲は装置を積層、分散させたりと、狭いスペースを上手に活用しながら繁殖ができる。

また現在、食用での開発・研究は飼育や繁殖がしやすい種に限定されおり、必ずしも多角的な観点で最適な種が選ばれているわけではない。食品加工や資料の配合など、目的に応じた昆蟲の種類や飼育環境などの研究も今後進んでいくことになるだろう。

地球上に生きる140万種の動物のうち、昆蟲は100万種を占め、さらに未発見の種が数百万存在するといふられている。昆蟲は種類の多さ、個体数の多さで他の動物を圧倒しているが、学術研究の多くは、人間にとつて天敵の「害虫」ととらえたも

### 最大の課題は「偏見」

ただ、昆蟲が食料として普及する



(出所) FAO

欧

米で昆虫食で起業するベンチャ

ー企業が増加している。その数は世界で200を超えるともいわれ、欧米やタイを中心

に研究開発を進める。ベンチャーキャピタルなどの投資家も積極的に資金を投じている。

郷土料理の食材として昆虫に親しんできたアジアは昆虫食を扱う企業が多く、中でもタ

イは昆虫の養殖、加工が盛んだ。食用昆虫の材料供給で輸出もしている。一方、

昆虫食の習慣がほとんどない欧米では、栄養価が高く、環境にやさしい次世代の食品として昆虫の可能性に着目する傾向がある。

日本でも通販サイトなどで昆虫を原材料に含む海外産の加工食品入手できる。代表的なのがフランスのKIBOだ。同社は人口増加に伴う将来の食糧難に備えるため、肉類の代替としての昆虫に着目して2011年に創業した。現在、乾燥コオロギ（ヨーロッパ・エコオロギ、3.5グラム、税別600円）と乾燥ミールーム（ゴミムシダマシの幼虫、4グラム、税別600円）、そしてそれぞれの粉末を商品化している。

KIBOはコオロギの養殖にも取り組む。フランス産のオーガニック小麦、トウモロコシ、大豆、大麦などを飼料にしたこだわりのコオロギで、仏北西部マイエンヌ県の工場で年間3万トンのコオロギを生産する。

タイをはじめアジア産に比べて価格は高めだが、「フランスではオーガニック食品市場が拡大しており、価格が高くても安心・安全な食品を好む人が増えている」（KIBO社の長濱祥子さん）という。

昆虫食ベンチャーが共通してアピールするのは栄養価の高さだ。イタリア人のマッシモ・リベルベリさんは、ベンチャーキャピタルなどから抽出するEXOの技術を評価したと話す。また投資を通じて電通のこれからビジネスを探るという目的もある。EXOの粉末コオロギを使

# 昆虫ベンチャー 既に200社超 投資家を魅了する 市場の可能性

欧米で増え始めた昆虫食ベンチャー企業。  
投資家も熱い視線を送る。

はなや  
花谷  
よしえ  
美枝  
(編集部)

スタ」（350グラム、税込  
み1780円）は、粉末  
コオロギが20%配合  
されている。タンパク質の含有量が従来のパ  
スタよりも40%以上高  
く、ビタミンB12や九  
つの必須アミノ酸を含  
むなど栄養価の高さが  
ウリだ。

おいしさも魅力だと  
10月からバグソルート  
リーワークのコオロギパスタ

の取り扱いを始めた食  
用昆虫通販サイト「T  
AKEO」の斎藤健生

代表は話す。コオロギパスタは、や  
や灰色がかつたショートパスタで、  
独特的の歯ごたえがある。斎藤社長の  
オススメは醤油との組み合わせだ。

EXOはコオロギから抽出したタ  
ンパク質を配合したシリアルバーや  
粉末プロテインを販売している。製  
品はオーガニック食品などに強い高  
級スーパーの米ホールフレーズマーケ  
ットや、スポーツジムなどで販売さ  
れている。

電通が昆虫食ベンチャーに投資す  
る理由を、電通ベンチャーズの長谷川勝之ジエネラルパートナーは「コ  
オロギから純度の高いタンパク質を



欧米発の昆虫加工食品



三戸太郎准教授（円内はフタホシコオロギ）

**食**用昆虫の中で最も広く利用されているコオロギ。より効率的な飼育に関する研究が日本でも始まっている。

徳島大学大学院生物資源産業研究部の三戸太郎准教授（44）は、食用コオロギを量産化するための研究に取り組んでいる。人間向けの食用ではヨーロッパイエコオロギが主流だが、三戸准教授が量産化に取り組むのは熱帯原産のフタホシコオロギ。実験動物として研究室で繁殖飼育されている種だ。ヨーロッパイエコオロギよりも飼育に手間がかかるが、体長は約3センチでヨーロッパイエコオロギよりも1回り以上大きい。三戸准教授は「栄養面でも優れた種で、将来的に人間にとて重要なタンパク源になる可能性がある」と話す。

三戸准教授の専門は発生生物学で、動物の遺伝子を操作するゲノム編集などを研究している。食用化の研究はこれが初めて。「食料危機に備える昆虫食に世界的

な関心が高まる中、まだ確立していないフタホシコオロギの量産化の研究に目をつけた」という。

すでに大規模飼育を目指したフタホシコオロギの自動飼育装置の開発に着手している。最初の取り組みは、「自動で水を飼育箱に供給するシステム」と「掃除が極力必要なく、コオロギの回収が容易な飼育箱」だ。給水システムは、給水ポンプで配管内に水を循環させ、飼育箱に細い管で水を引く。コオロギは直接水を飲むのが苦手なので、水分は紙や布などに染み込ませて与えるという。飼育箱は、透明なプラスチックやアクリルで作ることを計画している。掃除の手間を減らすために、フンやゴミが1カ所に集まるような仕掛けや、上へのぼるというコオロギの習性を利用して効率的に回収する仕組みも考えているという。

コオロギは孵化から約1カ月で成虫になるが、この期間の生存率は5割に満た

ない。限られた空間で個体数を増やす研究を進めることで、歩留まりを7~8割に高めたいという。現在、研究室では約1万匹のフタホシコオロギを飼育しているが、量産化の研究により数千万匹に増やす。来年度には大量飼育の試験を行い、早期に大学発ベンチャーとして事業化を目指すという。

## 食用コオロギ量産化を研究する徳島大学

ない。限られた空間で個体数を増やす研究を進めることで、歩留まりを7~8割に高めたいという。現在、研究室では約1万匹のフタホシコオロギを飼育しているが、量産化の研究により数千万匹に増やす。来年度には大量飼育の試験を行い、早期に大学発ベンチャーとして事業化を目指すという。

### クラウドで資金調達

課題は研究費の調達だ。これまで研究してきた発生生物学の分野は科学研究費補助金（科研費）の確保が可能だが、国内外で先行研究が少なく、分野として確立されていない昆虫食の研究費では難しいのが実情という。そこで今年4月、徳島大学が試験的に実施しているクラウドファンディング（ネット上の資金調達）で支援を呼び掛けたところ、約60万円の調達に成功した。大量飼育の設備にはさらに資金が必要になるため、大学に掛け合う必要がある。

量産化の先の実用化では、食料としての昆虫に抵抗感がある人にどう受け入れてもらうかという問題もある。試食会を開いて学生にコオロギを食べさせたところ、「素揚げにするとパリッとしておいしい」など好感触を得た。「エビの揚げ物に近い触感でイケる。慣れの問題です」（三戸准教授）。餌にシイタケを混ぜると香りが良くなることもわかつており、飼料の工夫で味や風味を向上させる研究も深めていくという。

KIBOの代理店であるデュビアジャパン（東京都板橋区）の小野真弘専務も「小売店に売り込むにも、昆虫食品を集めた棚がない」と販売の難しさを語る。「昆虫ならでは」の特徴を出しつつ、一般消費者が手に取りやすい販売の工夫が求められている。

食用昆虫について規制のない日本でも、販売については課題が多い。現在は昆虫食品の商品数が少なく、食品のカテゴリーとしても認知されていない。

EUには昆虫を食用・飼料用に商業流通させることを認める規制が存在していない。販売が禁じられているわけでもないので、事実上、EU圏内では昆虫食品はほとんど流通していない。仮KIBOのジャンフィリップ・バイヤール社長はEUの食品安全担当に働きかけを続けている。

EUには昆虫を食用・飼料用に商業流通させることを認める規制が存在していない。販売が禁じられているわけでもないので、事実上、EU圏内では昆虫食品はほとんど流通していない。仮KIBOのジャンフィリップ・バイヤール社長はEUの食品安全担当に働きかけを続けている。

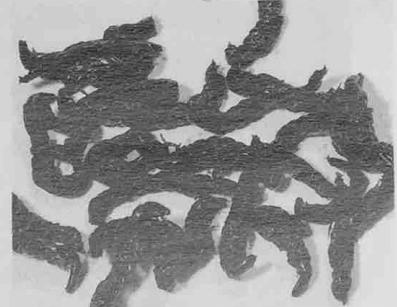
グへの関与を通じて、ビジネス機会を探るという。

## 欧洲は規制の壁

## 昆虫食リポート

# ザザムシは磯の香り、 蜂の子はスウィーツ

伝統料理から加工食品、創作料理まで  
記者が食べてみた。



ザザムシの佃煮

甘辛く強めの味付けをしつつ、昆虫それぞれの食感や風味の違いを楽しめた。ただ、昆虫の「姿煮」でもあるため、見た目で苦手意識を持つてしまふ人もいるだろう。

**噛** んだ途端、「シャクリ」。小エビを柔らかく煮たような食感とともに、口の中に磯の香りが広がった。体長は2~3センチで、見た目はほぼ真っ黒=写真上。岩のりをほうふつとさせる味わいで、白いご飯が欲しくなる。日本酒にもあいそうだ。

歯ごたえがあり、エビフライの尻尾によく似ている。香ばしくザクザクとした食感を楽しめるが、喉の奥に触覚や脚の感覚がいつまでも残るのが少し気になつた。

イナゴよりも軽い食感で食べやすいのがカイコの蛹だ。サクサク、パラパラと口の中ではどける感覚と、佃煮のほんのり甘い味付けがよく合う。おやつにしたい一品。カイコは、

蛹を煮立てて絹糸を取り出した後、残りを食用にしてきた。いわば製糸業の「産業廃棄物」の有効活用だが、絹糸を吐いて繭を作る前の段階で食用にする調理方法もある。

郷土料理としての昆虫の中でも、「高級珍味」といわれるザザムシの佃煮。川の浅瀬に住む水生昆虫の総称で、中でも長野県伊那市の天竜川上流域で採れたものは高級品といわれている。そのおいしさから乱獲された時代もあり、一時期は絶滅が危惧された。現在、伊那市では12月から2月末までの冬の間のみ漁が認められている。まさにこれから旬を迎える昆虫だ。

長野県をはじめ広い地域で今も食べられているイナゴの佃煮は独特の

甘辛く強めの味付けをしつつ、昆虫それぞれの食感や風味の違いを楽しめた。ただ、昆虫の「姿煮」でもあるため、見た目で苦手意識を持つてしまふ人もいるだろう。

一方、良くも悪くも「昆虫らしさ」を感じないのが欧米の昆虫ベンチャーや加工食品だ。電通が出資する米EXOのコオロギ粉入りプロテインバー(ココア味)、同じくコオロギ粉10%配合のアイスランド、クローバー・プロテインのジャングルバー(880円)はいずれもチョコレート風味。味にも香りにも昆虫の形跡はない。普通のお菓子として食べられるので、昆虫食の入り口にはうつてつけだ。

### 創作料理の会も

昆虫を使った創作料理を楽しむ会もある。昆虫料理研究家の内山昭一さんは、月に1度、昆虫を使った創作料理の試食イベント「昆虫食のひるべ」を都内で開催している。11月13日開催のイベントには、20人ほどが参加した。献立は、セミの幼虫やカイコ、蜂の子を使った「バグチャウダー」、「ミツバチと白菜と柿のなます」そしてジャンボミールワームなどの「芋虫と里芋の天ぷら」の3品。調理は参加者全員で担当した。

内山さんからカイコを取り出し、昆虫を下

ゆでしていく。調理師の鈴木真奈美さん(29)はゆでたセミの幼虫の殻をむきながら「調理していると、昆虫が食材に見えてくるから不思議」と笑顔。参加者の年齢層は幅広く、初参加の人も多い。参加した会社員をを感じないのが欧米の昆虫ベンチャーや加工食品だ。電通が出資する米EXOのコオロギ粉入りプロテインバー(ココア味)、同じくコオロギ粉10%配合のアイスランド、クローバー・プロテインのジャングルバー(880円)はいずれもチョコレート風味。味にも香りにも昆虫の形跡はない。普通のお菓子として食べられるので、昆虫食の入り口にはうつてつけだ。

会を主宰する内山さんは「食べることで昆虫をより身近に感じてほしい」と話す。確かに、口にしてみたことで、新しい食の世界が広がった。

(花谷美枝・編集部)



「昆虫食のひるべ」で調理した「芋虫と里芋の天ぷら」

2016.11.29

### エコノミスト